

“RECORRIDOS DEL DERECHO DE VÍA COMO IN-PUT EN METODOLOGÍA RBI PARA DUCTOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS”



MONOGRAFIA PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN GESTIÓN DE
LA INTEGRIDAD Y CORROSIÓN

PRESENTA:

ING. PEDRO NELSON CASTRO CEPEDA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

BOGOTÁ

2018

RECORRIDOS DEL DERECHO DE VÍA COMO IN-PUT EN METODOLOGÍA RBI
PARA DUCTOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS

ING. PEDRO NELSON CASTRO CEPEDA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
BOGOTÁ
2018

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	8
CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	9
1. GENERALIDADES	9
2. PATRULLAJE DEL DERECHO DE VIA	9
3. PLANES DE MANTENIMIENTO.....	10
4. INTEGRIDAD DE ACTIVOS	11
5. AMENAZAS A LA INTEGRIDAD DE DUCTOS	12
6. VALORACION DEL RIESGO	15
7. GENERACIÓN DE LÍNEA BASE	16
CAPITULO II: MARCO METODOLOGICO.	17
8. RECORRIDO DERECHO DE VIA	17
9. TALLER DE METODOLOGÍA RBI.....	20
CAPITULO III: DESARROLLO ESTUDIO DE CASO	21
10. INSPECCIÓN VISUAL DEL DERECHO DE VIA.....	21
11. HALLAZGOS GEOTECNICOS	23

12.	CONDICION ESTRUCTURAS DE SOPORTE.....	24
13.	DAÑO MECÁNICO.....	25
14.	ACCIONES DE TERCEROS.....	26
15.	RESULTADOS DE VALORACION DE RIESGO.....	27
	CONCLUSIONES.....	30
	BIBLIOGRAFIA	31

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Flujo grama para un programa de gestión de integridad	12
Ilustración 2. Matriz de criticidad.....	15
Ilustración 3. Matriz de valoración de riesgo.....	27
Ilustración 4. Matriz de valoración del ducto	29
Ilustración 5. Plan de integridad del ducto.....	29

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de clasificación de amenazas.....	14
Tabla 2. Clasificación de amenazas según ASME B31.8S	15
Tabla 3. Información de hallazgos	19
Tabla 4.Consolidado de información de hallazgos	19
Tabla 5. Hallazgo corrosión externa.....	22
Tabla 6. Hallazgo corrosión – erosión	22
Tabla 7. Hallazgo por afectación geotécnica.....	23
Tabla 8. Hallazgo geotécnico	23
Tabla 9. Mitigación de riesgo - cruce aéreo	24
Tabla 10. Hallazgo en soportes – paso colgante.	24
Tabla 11. Hallazgo por abolladura	25
Tabla 12. Hallazgo por tensionamiento	25
Tabla 13. Daño en avisos de señalización	26
Tabla 14. Asentamientos humanos	26
Tabla 15. Evaluación relativa	28
Tabla 16. Evaluación con matriz de valoración	28

INTRODUCCIÓN

La metodología RBI en la industria, es un pilar de la filosofía de mantenimiento de activos como son los ductos de transporte; esta metodología se enfoca en el control de riesgos asociados a su operación; desde la concepción del diseño de los ductos, las normas de construcción hacen mandatorio el tener en cuenta las actividades de recorridos periódicos sobre los derechos de vía adquiridos por las operadoras.

El desarrollo con calidad de esta actividad dará al personal ejecutor de la metodología, información documentada veraz y certera para estructurar la línea base de un plan de integridad del ducto operado y mantenido.

El trabajo aquí mencionado dará conocimiento e entendimiento de la información que puede obtenerse dentro de la actividad de un recorrido normal de un derecho de vía; desarrollado por personal de mantenimiento dentro de su función contratada.

El direccionamiento y manejo de los datos obtenidos en la actividad; serán para el desarrollo de los talleres donde se manejará la información a razón de los conceptos y criterios de las diferentes áreas que participan en el análisis respectivo; por ello habrá información de gran importancia para el taller; como información relevante no necesaria para el mismo.

Se expondrán diferentes definiciones y contenidos para la estructuración del estudio de caso y poder brindar un conocimiento adquirido en el desarrollo de la función de aseguramiento de integridad de líneas de transporte de hidrocarburos.

OBJETIVOS

GENERAL

Conocer la importancia de la actividad e información referente al patrullaje de los corredores o derechos de vía adquiridos por operadores de servicios energéticos; donde se tienden las líneas de transporte; para un análisis de riesgos bajo la metodología RBI.

ESPECÍFICOS

Al culminar con el desarrollo del siguiente estudio de caso se podrá:

- Determinar la estructura normativa que enmarca la actividad de recorrido del derecho de vía y el análisis de la metodología RBI para líneas de transporte de hidrocarburos.
- Definir la información suministrada por la actividad del recorrido del derecho de vía al ser ejecutada por los mantenedores de las líneas.
- Compartir información documentada de la actividad de recorrido del derecho de vía bajo parámetros de HSEQ en la industria; el aseguramiento de proceso y metodología del mantenimiento.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1. GENERALIDADES

La normatividad aceptada en la industria mundial referente a códigos de construcción está bajo los lineamientos de la asociación americana de ingenieros mecánicos con su acrónimo – ASME; en donde se sitúan los códigos de construcción para ductos como es el compendio de ASME B31; en este compendio se encuentran los códigos de construcción de ductos que manejan y transportan sustancias como son los hidrocarburos líquidos y gaseosos de la siguiente manera:

ASME B31.4 Código de tuberías a presión - Sistemas de tuberías de transporte de hidrocarburos líquidos y pulpas

ASME B31.8 Código de tuberías a presión - Sistemas de tubería para transporte y distribución de gas

Los dos códigos prescriben los requisitos para el diseño, los materiales, la construcción, el montaje, la inspección, las pruebas, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de líquidos entre los campos o instalaciones de producción; los aspectos de la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de líquidos se relacionan con la seguridad y protección del público en general, el personal de la empresa operadora, el medio ambiente, la propiedad y los sistemas de tuberías.

2. PATRULLAJE DEL DERECHO DE VIA

La vigilancia del derecho de vía del ducto deberá realizarse de acuerdo con lo establecido en el código de referencia, considerando también las actividades que involucren los alrededores del sistema y que a su vez puedan crear una condición insegura, esto incluye también los anuncios y señalizaciones de la línea y el crecimiento de vegetación en el derecho de vía. En el patrullaje se considera también la inspección de válvulas de bloqueo y aislamiento, reguladoras de control de presión y de

relevante, con las características que corresponde a cada caso, incluyendo el comportamiento de las variables que regulan.

El código ASME B 31.4 hace mención a que cada compañía operadora debe mantener un programa de patrullaje periódico del ducto para observar las condiciones en la superficie adyacente al derecho de vía del oleoducto, indicación de escape, otras actividades de construcción que no estén siendo ejecutadas por la compañía y otros factores que puedan afectar la seguridad y operación del oleoducto. Se debe prestar especial atención a las actividades como la construcción de carreteras, la limpieza de diques, las excavaciones e invasiones a los sistemas de ductos.

El patrullaje debe hacerse en intervalos que no excedan las dos semanas, excepto en los sistemas de transporte por ducto que contenga LPG o anhídrido de amoníaco líquido, donde debe patrullarse en intervalos que no excedan una semana en áreas industriales, comerciales o residenciales.

Los cruces por debajo del agua deben ser inspeccionados periódicamente para que estén recubiertos en forma suficiente, por acumulación de desechos, o por cualquier otra condición que afecte la seguridad del cruce. En todo momento se debe tener en cuenta que los cruces están en peligro como resultado de inundaciones, tormentas, o daños mecánicos sospechosos.

3. PLANES DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas que surgen de un análisis de desempeño, o porque son estipuladas para que se realice un mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio ingenieril, operativo o de aseguramiento, y que incluye una serie de recursos.

Un plan de mantenimiento tiene tres tipos de actividades:

- Actividades rutinarias
- Actividades programadas
- Actividades que se realizan durante paradas programadas

Las tareas de mantenimiento son, como ya se ha dicho, la base de un plan de mantenimiento.

Los recorridos del derecho de vía están definidos bajo el concepto de una actividad preventiva, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos llevando a un mantenimiento basado en condición y no a un mantenimiento correctivo.

4. INTEGRIDAD DE ACTIVOS

La integridad dentro de un programa de operación y mantenimiento es el proceso sistemático e integrado que permite identificar las amenazas que actúan sobre los sistemas de ductos. Estas amenazas son los daños o peligros que afectan a las tuberías disminuyendo de esta manera su vida útil.

En la aplicación del sistema se debe definir cuál o cuáles de las amenazas que afectan a los ductos aplica a las tuberías o sistemas en estudio. Luego, el Sistema debe determinar la magnitud de la acción de esta amenaza al sistema de ductos, esto significa evaluar (cuantificar). De esta manera, el operador dentro de su sistema de control, puede determinar la probabilidad de falla que tendrán sus ductos respecto de las amenazas que operan sobre el mismo. Y por último, el sistema funcionará como una herramienta para mitigar y monitorear estas amenazas con el objetivo de disminuir la probabilidad de falla asociada a la operación o minimizar las consecuencias en el caso que un error se desarrolle en el sistema de ductos.

Las operadoras deben soportar en un plan para revisar cambios en las condiciones que puedan afectar la integridad y la seguridad del sistema de ductos, incluidos provisiones para el patrullaje periódico y el reporte de las actividades de construcción y los cambios de condiciones, especialmente en áreas industriales, comerciales y residenciales y en los cruces de ríos, ferrovías y carreteras, con el fin de considerar la posibilidad de proveer una protección adicional para prevenir el daño al ducto.

5. AMENAZAS A LA INTEGRIDAD DE DUCTOS

Las normas que direccionan los planes de integridad correspondientes a los ductos de transporte son la API 1160 en ductos construidos bajo el código ASME B31.4 y la norma ASME B31.8S en ductos construidos bajo el código ASME B31.8 en las cuales se direcciona a la evaluación de riesgo de todas las condiciones (amenazas) que interactúan con los ductos y de esta manera poder tomar las medidas necesarias para el control de las mismas.

Los programas de integridad son una articulación de factores a nivel de compromiso empresarial ajustado a las responsabilidades que toda empresa operadora tiene que asumir por el desarrollo de sus operaciones. Por ello salvaguardar los activos del negocio es una tarea primordial que es soportada por la filosofía de integridad mecánica.

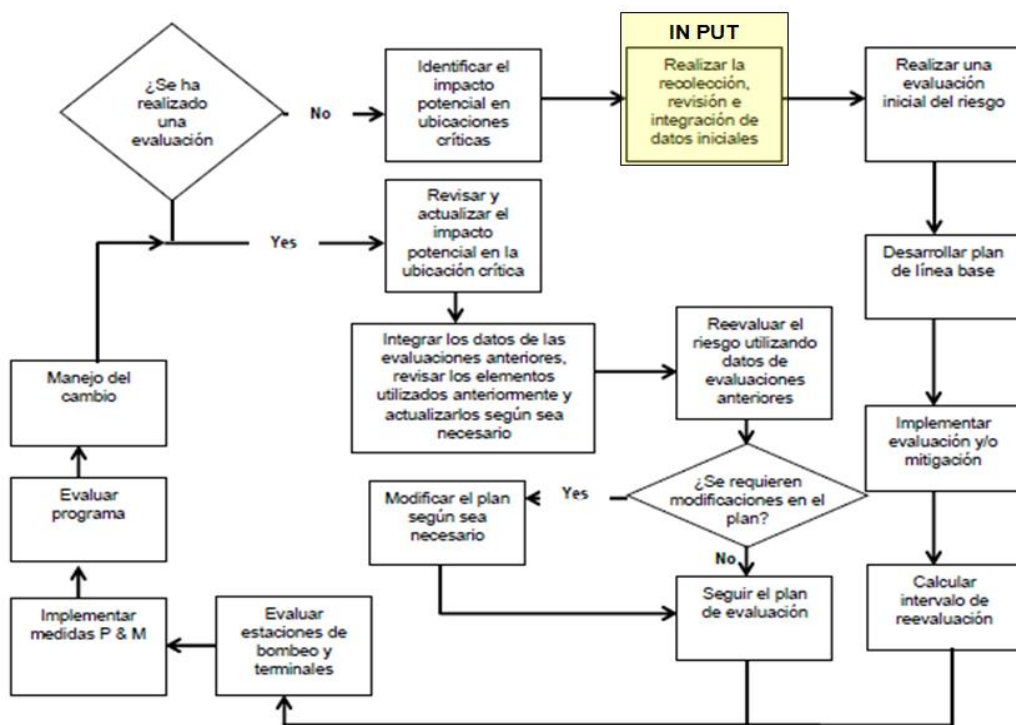


Ilustración 1. Flujo grama para un programa de gestión de integridad

Para comprender las amenazas y evaluar impactos a zonas críticas si ocurriese un derrame debe recopilarse revisar e integrar la información relacionada, como: diseño y atributos del ducto (diámetro, espesor de pared, grado, fabricante, año de fabricación, tipo de ducto, tipo de recubrimiento, MOP, ubicación y características de válvulas,

bridas, accesorios, estaciones y terminales, y cruces de caminos, de ríos, etc.), factores de construcción (año de construcción, calidad e inspección de soldaduras, tipo y métodos de instalación del recubrimiento, tipo de suelo, profundidad de enterramiento, anchura del derecho de vía, terreno, etc.) historial operacional (tipo de líquido transportado, velocidad de flujo, historial de presiones representativas, planes de respuesta a emergencias, frecuencia de uso de PIG's de limpieza, etc.), resultados de inspecciones y evaluaciones anteriores, reparaciones, acciones de mitigación y de prevención realizadas (niveles de presión alcanzados en pruebas hidrostáticas anteriores e historial de falla, lista de anomalías, resultados de evaluaciones realizadas y tipos y prácticas de reparación anterior) (ASME, 2014).

PERDIDA DE METAL	
Perdida externa de metal	Perdida interna de metal
AGRIETAMIENTO	
Corrosión fatiga	Agrietamiento por fatiga
Agrietamiento asistido por hidrogeno	Agrietamiento retrasado por daños mecánicos
Agrietamiento por corrosión bajo tensión	
INTERFERENCIAS EXTERNAS	
Daños por empleados de la empresa operadora	Daños por compañías contratistas
Daño por terceros	Vandalismo
MATERIALES, MANUFACTURAS O CONSTRUCCIÓN	
Defectos en soldaduras circunferenciales	Defectos en soldaduras de costura helicoidal
Defectos en soldaduras de costura longitudinal	Defectos en el cuerpo o componentes de la tubería
Deformación de diámetro	
FALLAS EN EQUIPOS O COMPONENTES	
Fallas en los controles o equipos electrónicos	Fallas en los dispositivos de medida
Fallas en el cuerpo de la tubería	Fallas en sistemas de envío y recibo de marranos
Fallas en la fuerza motriz	Fallas en la manipulación
Fallas en válvulas	Fallas en las soldadura

FALLAS GEOTÉCNICAS Y RELACIONADAS CON EL CLIMA	
Desastres climáticos o erosión	Construcciones o excavaciones
Movimientos sísmicos	Movimientos de ladera
Otros	

Tabla 1. Tabla de clasificación de amenazas

	CLASIFICACION DE AMENAZAS SEGÚN CONSEJO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION DE OLEODUCTOS	AGRUPACION SEGÚN ASME B31.8S
1	Corrosión externa	Amenazas dependientes en el tiempo
2	Corrosión interna	
3	Stress corrosión cracking (SSC)	
4	Costura de tubería defectuosa	Amenazas estables en el tiempo
5	Tubería defectuosa	
6	Soldadura circunferencial en la tubería	
7	Soldadura de fabricación defectuosa	
8	Arrugas o dobleces	
9	Roscas averiadas, tubería rota, falla en acoplamientos	
10	Falla de empaquetadura o sellos tipo anillo O	
11	Mal funcionamiento en equipo de control de alivio	
12	Fallo en empaque de bomba	
13	Varios (falla en válvula u otro componente)	
14	Daño causado por primeros, segundos o terceros (falla instantánea/inmediata)	Amenazas independientes del tiempo
15	Tuberías previamente dañadas como abolladuras o estrías (falla retardada)	
16	Vandalismo	

	CLASIFICACION DE AMENAZAS SEGÚN CONSEJO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION DE OLEODUCTOS	AGRUPACION SEGÚN ASME B31.8S
17	Procedimientos operacionales incorrectos	
18	Tiempo frío	
19	Relámpagos	
20	Fuertes lluvias e inundaciones	
21	Movimiento de tierra	
22	Desconocido (no se conoce la causa raíz de falla)	

Tabla 2. Clasificación de amenazas según ASME B31.8S

La información recolectada generalmente se almacena en herramientas informáticas para su posterior análisis y manejo, como en la herramienta PODS (pipeline open data base estándar) u otras herramientas comerciales.

6. VALORACION DEL RIESGO

Para la norma API 580 (Risk Based Inspection); el riesgo se determina empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de falla} \times \text{Consecuencia de falla}$$

Con la probabilidad de falla y consecuencia de falla se construye la matriz de clasificación de riesgo, la cual comprende los niveles bajo, moderado, severo y muy severo, como se muestra en la siguiente tabla:

		Consequence			
		Low, 1	Moderate, 2	Severe, 3	Very severe, 4
Frequency	Low, 1	D	D	C	C
	Moderate, 2	D	C	C	B
	High, 3	C	C	B	A
	Very high, 4	C	B	A	A

Ilustración 2. Matriz de criticidad

El valor cuantitativo de los riesgos se utiliza para dar prioridad a la inspección y mantenimiento. El resultado de una evaluación cuantitativa del riesgo será típicamente un número, como el impacto de los costos por unidad de tiempo; el número podría ser utilizado para dar prioridad a una serie de elementos que han sido evaluados por los riesgos. La evaluación cuantitativa del riesgo requiere una gran cantidad de datos tanto para la evaluación de probabilidades y evaluación de las consecuencias.

La API 581 establece 3 enfoques para el desarrollo de un RBI, con el fin de reducir costos y en su defecto proteger la seguridad de las personas y la integridad de los equipos. Estos enfoques son cualitativo, cuantitativo y una combinación de los 2, semi-cuantitativo.

La diferencia entre un enfoque cualitativo y uno cuantitativo es la información disponible y la severidad del análisis, mientras el cualitativo identifica aquellos equipos que requieren de un análisis más detallado es decir un enfoque cuantitativo.

Tanto al cualitativo como al cuantitativo requieren determinar tanto la probabilidad de falla como la consecuencia de falla para poder definir una línea base de riesgo para el activo.

7. GENERACIÓN DE LÍNEA BASE

El objeto es reconocer los sistemas operacionales en estudio, a través de la recopilación, generación, organización y análisis de la información existente de la estructura u objeto de estudio los históricos composicionales, las inspecciones realizadas, los reportes de monitoreo y las fallas identificadas.

CAPITULO II: MARCO METODOLOGICO.

8. RECORRIDO DERECHO DE VIA

Los recorridos del derecho de vía como actividad de ejecución debe tener una planeación previa y se debe presentar un programa detallado de trabajo donde se incluya fechas de inicio y finalización de cada una de las actividades a desarrollar. El programa de ejecución debe presentarse para realizar un seguimiento y control de la actividad, se debe contar con los recursos necesarios para garantizar el avance de los trabajos de acuerdo a los cronogramas establecidos.

Se debe contar con un personal idóneo que se ajuste a perfiles establecidos para realizar bajo parámetros de seguridad y calidad la recolección de la información, el personal debe ser capacitado en el manejo de sistemas informáticos, hojas de cálculo y procesadores de texto, así como con capacitación en la identificación de amenazas a la integridad y haber participado en el acompañamiento al diagnóstico geotécnico de líneas.

El grupo recorridor debe tener como mínimo un equipo conformado por los siguientes elementos:

- GPS con precisión sub-métrica
- Cámara fotográfica con fechador
- Detector de tubería
- Nivel Abney
- Tablero acrílico
- Marcadores
- Radios de comunicación

Antes de iniciar con las actividades del recorrido del derecho de vía es necesario que los propietarios y población aledaña sean notificados con antelación para prevenir interrupciones en la actividad; adicional, realizar el aseguramiento de toda actividad al margen de la ley que pueda poner en riesgo el personal ejecutor.

El recorrido se debe realizar a cadena pisada en la totalidad de la longitud de la respectiva línea, de modo tal que sea posible recopilar toda la información necesaria y verificar el estado del derecho de vía, procesos de inestabilidad y/o deterioro, así como características de cuerpos de agua, asentamientos humanos, vegetación, vías, presencia de líneas de transmisión eléctrica, uso de suelo, actividades de terceros y demás factores inherentes al derecho de vía propio o compartido.

Se debe identificar y localizar con coordenadas elipsoidales en grados, minutos y segundos, las abscisas, nombre del lugar, vereda y municipio, describir, registrar fotográficamente y dimensionar las condiciones del derecho de vía, documentando cada hallazgo en el formato correspondiente.

En los formatos se deben listar los hallazgos reportados teniendo en cuenta que el No. consecutivo de cada hallazgo identificado no puede ser asignado a otro punto; de acuerdo con lo anterior, el No. Asignado debe ser único por hallazgo, y en caso de que se haya atendido y quede disponible para numeración dentro del formato, este No. no puede ser utilizado para un nuevo evento sobre el derecho de vía. La numeración de hallazgos reiniciará con el primer recorrido de cada año.

En total deben hacerse por lo menos 10 recorridos mensuales cada año a la totalidad del derecho de vía.

Se debe asegurar la información correspondiente a:

- Señalización del Derecho De Vía
- Avisos de Señalización
- Accesos al Derecho de Vía
- Inspección Visual del Derecho de Vía
- Inspección Visual de la tubería
- Inspección Visual de las Estructuras de Soporte
- Inspección Visual Casetas, Válvulas y Estructuras de Concreto
- Inspección Visual Seguimiento Obras Civiles Construidas o en Construcción
- Descripción General del Derecho de Vía

En la siguiente tabla se describe la información mínima necesaria por cada hallazgo evidenciado en el derecho de vía evidenciado durante la actividad.

HALLAZGO RECORRIDOS MENSUALES DE LÍNEA							
CONSERVACION Y PROYECCION DE INFRAESTRUCTURA							
SISTEMA:				FECHA:			
VEREDA:				MUNICIPIO:			
DEPARTAMENTO:				HALLAZGO No:			
ABSCISA:		LATITUD:		LONGITUD:		ALTURA:	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SU ENTORNO:							
2. REGISTRO FOTOGRAFICO:							

Tabla 3. Información de hallazgos

Toda la información recolectada durante la actividad debe ser consignada en un formato de consolidado de la inspección del derecho de vía donde se da una valoración de riesgo inicial de acuerdo al tipo de afectación al activo.

#	Nivel de Atención			Inicio			Tipo de afectación								
	1	2	3	Abs	Coordenadas			G	REC	S	VA	I	ROC	TUB	OTRO
					LAT	LONG	ALTURA								

1	atención inmediata
2	atención priorizada
3	Inspección y mantenimiento periódico.

Tipo de Afectación:

G	Geotecnia
REC	Recubrimientos
S	Soportes
VA	Vías de Acceso
I	Invasiones
ROC	Rocería
TUB	Tubería
OTRO	Otros

Tabla 4.Consolidado de información de hallazgos

9. TALLER DE METODOLOGÍA RBI

La inspección basada en riesgo contribuye con la mejora continua de la inspección y con la reducción del riesgo relacionado con fallas de límites de presión, dado que, al realizar la actualización de datos y cambios operacionales, puede reevaluarse el programa de RBI y actualizarse los riesgos para su ajuste en la gestión.

El equipo de RBI debe estar compuesto por un grupo interdisciplinar que cumpla una serie de funciones durante la ejecución del RBI entre los que se pueden mencionar:

- Líder del equipo
- Inspector de equipo/especialista de inspección
- Especialista en materiales y corrosión
- Especialista en procesos
- Personal de operaciones y mantenimiento
- Gerente de instalación
- Analista de riesgo
- Personal ambiental y de seguridad
- Personal financiero/de negocios

La calidad en los datos influye directamente en la exactitud del análisis de riesgo, considerando que la integridad del análisis de riesgo depende de la actualización de datos y validación por personal idóneo, para la revisión respectiva de la información, por ejemplo: (dibujos obsoletos, errores de inspección, inexactitud en equipos de medición, errores en historial del equipo, etc.). Entonces, el experto compara los resultados de inspecciones con mecanismos y tasas de daño esperados y con mediciones anteriores de la instalación, considerando los cambios en el proceso o cualquier tipo de influencia al que pudo estar sometido.

El resultado final es la caracterización y definición de los segmentos en un nivel de riesgo según la criticidad que presentan ante el activo, con ello poder definir las estrategias para la atención y mitigación a través de las actividades necesarias para su control. Dicho OUT-PUT debe ser concertado con los niveles administrativos para la involucración de presupuestos y conocimiento de la gerencia para obtener su aval y respaldo.

CAPITULO III: DESARROLLO ESTUDIO DE CASO

En cumplimiento suscrito cuyo objeto se contemplan las actividades de recorridos del derecho de vía de las líneas de transporte, para la Vicepresidencia de Transporte; se presentó este documento, que incluye la descripción técnica del derecho de vía del Oleoducto de 18”.

El tramo del Oleoducto analizado cuenta con una longitud total de 46,46 Km. Estos trabajos fueron realizados en un total de 10 días, para el presente se prestó el apoyo de los re-corredores de líneas y un profesional del área civil.

El Oleoducto se encuentra en una zona montañosa con alturas entre los 600 y 2000 msnm, atraviesa 9 cruces de agua; en el recorrido se identificaron puntos y áreas donde se evidencian problemas geotécnicos que presentan algún grado de amenaza a la tubería y el derecho de vía en general, se inspeccionan, soportes en mal estado, válvulas y casetas, redes energizadas, postes de abscisados, inspección de tubería, cruces carreteables, asentamientos humanos, accesos al derecho de vía y cruces con cuerpos de agua (subfluviales y aéreos) y otros factores determinantes del estado actual del Oleoducto. Los problemas geotécnicos están asociados a procesos erosivos remoción en masa (flujos de tierra y reptación en laderas), y hallazgos asociados a procesos de socavación en los cauces de ríos y quebradas, con el propósito de actualizar el nivel de riesgo de los tramos afectados y realizar las mejoras, mantenimientos preventivos y correctivos que sean necesarios.

Basado en las inspecciones de campo y el análisis de la información, se presentan las conclusiones generales del diagnóstico y se emiten las recomendaciones de intervención en el corto, mediano y largo plazo de acuerdo con el grado de atención que requiere cada punto.

10. INSPECCIÓN VISUAL DEL DERECHO DE VIA

Comprende los sitios en los que el Oleoducto se encuentra con afectaciones puntuales debido a problemas de corrosión por un ambiente agresivo; la tubería aérea está expuesta a perforaciones no pasantes que son generados por terceros. Los puntos que

se hallaron donde la tubería presenta afectaciones en su integridad son Corrosión, abolladuras, rayones, perforaciones no pasantes, entre otros.

HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Evidencia de deterioro en superficie de la tubería PK 12+525, tubería sin recubrimiento de protección</p>	<p>CORROSION EXTERNA</p>	<p>Se recomienda la caracterización de la corrosión evidenciada bajo los parámetros de ASME B 31G</p>

Tabla 5. Hallazgo corrosión externa


HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Evidencia proceso de erosión en superficie de la tubería PK 15+500, tubería sin recubrimiento de protección</p>	<p>DAÑO MECANICO CORROSION EXTERNA</p>	<p>Se recomienda la caracterización de la corrosión evidenciada bajo los parámetros de ASME B 31G</p>

Tabla 6. Hallazgo corrosión – erosión

11. HALLAZGOS GEOTECNICOS

Comprende los sitios en el Oleoducto, donde los hallazgos geotécnicos en los que se ve involucrada la integridad de la tubería, como taludes en corte; tramos del derecho de vía donde la tubería transcurre por sectores de abundante vegetación y alto grado de humedad, presentando procesos de inestabilidad que han afectado tanto la estabilidad de ésta como de la banca del terreno.


HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Daño en el talud por pérdida de material, evidenciando el ducto</p>	CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS	Se recomienda la visita especializada de personal calificado para valoración de la afectación

Tabla 7. Hallazgo por afectación geotécnica

HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Derrumbe de ladera sobre el ducto</p>	CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS	Se recomienda la visita especializada de personal calificado para valoración de la afectación

Tabla 8. Hallazgo geotécnico

12. CONDICION ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Comprende los sitios en el Oleoducto, que sirven para evitar la deflexión excesiva del ducto y evita el contacto directo del ducto con el suelo.

HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Trabajos de construcción de cruce PK 30+340, tubería con recubrimiento de protección en buena condición</p>	<p>MITIGACION DE RIESGO EN CRUCE ESPECIAL</p>	<p>Se evidencio construcción de cruce aéreo</p>

Tabla 9. Mitigación de riesgo - cruce aéreo

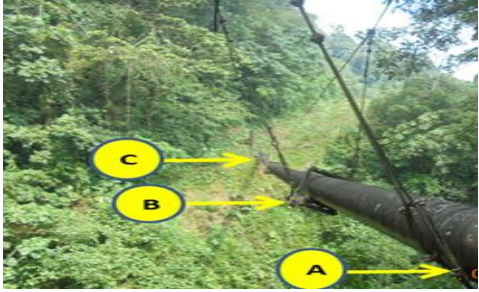
HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Condición desfavorable en cruce con guayas y templetes PK 42+900</p>	<p>CRUCE ESPECIAL</p>	<p>Se evidencio construcción de cruce aéreo</p>

Tabla 10. Hallazgo en soportes – paso colgante.

13. DAÑO MECÁNICO

Las afectaciones por daño mecánico son factores importantes en el estudio de la integridad del ducto, por ello estos hallazgos determinan en gran proporción el nivel de riesgo por falla en el material.

HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Deformación de diámetro – daño mecánico PK 42+900</p>	<p>DEFORMACIÓN DE DIÁMETRO</p>	<p>Se recomienda la caracterización de la corrosión evidenciada bajo los parámetros de ASME B 31.4 – API 1160</p>

Tabla 11. Hallazgo por abolladura

HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Tensión del ducto PK 45+800</p>	<p>TENSIONAMIENTO – CARGA EN EL DUCTO</p>	<p>Se recomienda realizar seguimiento de la condición y realizar mantenimiento al soporte.</p>

Tabla 12. Hallazgo por tensionamiento

14. ACCIONES DE TERCEROS

La interacción con las comunidades es una amenaza de gran importancia en los niveles de riesgo de los ductos por ello la información suministrada con referencia a este hito, es importante para tener los controles necesarios.


HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Daño en señalización del ducto</p>	<p>DAÑO POR TERCEROS</p>	<p>Se recomienda la instalación de nuevos avisos para advertir a la comunidad del riesgo</p>

Tabla 13. Daño en avisos de señalización


HALLAZGO	AMENAZA EVIDENCIADA	OBSERVACION
 <p>Se evidencian construcciones habitables muy cerca al derecho de vía del ducto PK 65+000</p>	<p>VIVIENDAS SOBRE EL DERECHO DE VIA</p>	<p>Se recomienda el acercamiento a los propietarios para comunicar el riesgo en el que se encuentran</p>

Tabla 14. Asentamientos humanos

Tras la programación anual de actualización del panorama de riesgo del ducto se realiza taller RBI con el personal especializado, en donde se logra reunir la mayor información posible y que es de primordial importancia.

VARIABLE		CLASIFICACION DEL RIESGO			Presion Diametro BOFD	900	850	400	150	1900	1500	1000	800	670	450	300	200	50			
						14	14	14	14	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
						31200	31200	31200	31200	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300	42300
INDICE DE DAÑO POR TERCEROS		PUNTAJE			KM 0 - 5	KM 5 - 10	KM 10 - 15	KM 15 - 19,5	KM 19,5 - 25	KM 25 - 30	KM 30 - 35	KM 35 - 40	KM 40 - 45	KM 45 - 50	KM 50 - 55	KM 55 - 60	KM 60 - 66,1				
CARACTERISTICA		BAJO	MEDIO	ALTO																	
A PROFUNDIDAD MINIMA DE LA CUBIERTA		> 2 m 4	>1 m 7	< 0,5 m 9	20	9	9	9	9	9	7	7	9	7	7	7	4				
B NIVEL DE ACTIVIDAD		rural 4	industrial 7	comercial 9	20	7	4	4	7	4	4	4	4	4	4	4	4				
C INSTALACIONES SOBRE EL SUELO		1 a 2 2	2 a 10 3	> 10 5	10	2	2	2	5	2	2	2	2	2	2	2	5				
D LOCALIZACION DE LINEA		enterrada 5		aerea 10	15	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	10				
E EDUCACION PUBLICA		señalizada 0		no señalizada 5	5	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0				
F CONDICIONES DEL DERECHO DE VIA		bueno 5		malu 10	15	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	5				
G PATRULLA		SI 5		NO 10	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
TOTAL					100	38	38	38	41	35	46	43	43	40	38	38	33				
INDICE DE CORROSION		A CORROSION ATMOSFERICA EXPOSICION ATMOSFERICA			BAJA 1	ALTA 4															
TIPO DE ATMOSFERA		RURAL 0		INDUSTRIAL 2	5	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	1				
RECUBRIMIENTO		SI POSEE 1		NO POSEE 2	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2				
					3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1				
B CORROSION INTERNA CORROSIVIDAD DEL PRODUCTO		BAJA 0		ALTA 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
PROTECCION INTERNA		SI 0		NO 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
C CORROSION SUBSUPERFICIAL 1. AMBIENTE SUBSUPERFICIAL CORROSIVIDAD DEL SUELO		BAJA 5		ALTA 10	15	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5	10	10				
CORROSION MECANICA		BAJA 1		ALTA 4	5	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4				
2. PROTECCION CATODICA EFECTIVIDAD		BUENA 10		REGULAR 5	15	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5				
POTENCIAL DE INTERFERENCIA		NO 0		SI 10	10	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10				
3. RECUBRIMIENTO FITNESS		SI 0		NO 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
CONDICION		BUENA 5		MALA 10	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
TOTAL					100	33	22	22	19	34	22	25	24	24	19	20	33				
INDICE DE DISEÑO		A FACTOR DE SEGURIDAD			SI 10	NO 25															
B FATIGA		NO 5		SI 10	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
C POTENCIAL DE AUMENTO		NO 0		SI 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
D VERIFICACIONES DE INTEGRIDAD		SI 5		NO 20	25	5	5	5	5	5	20	20	20	20	20	20	5				
E MOVIMIENTOS DE TIERRA		NO 0		SI 15	15	0	0	0	0	0	15	50	50	15	15	0	0				
TOTAL																					

Ilustración 3. Matriz de valoración de riesgo

EVALUACIÓN RELATIVA

SEGMENTO	PROBABILIDAD (INDEX SUM)	IMPACTO (LEAK IMPACT FACTOR)	RELATIVE RISK RATING
KM 0 – 5	126,0	15,0	8,4
KM 5 – 10	121,0	17,0	7,1
KM 10 – 15	120,0	17,0	7,1
KM 15 - 19,5	113,0	17,0	6,6
KM 19,5 – 25	148,0	15,0	9,9
KM 25 – 30	201,0	15,0	13,4
KM 30 – 35	187,0	15,0	12,5
KM 35 – 40	186,0	15,0	12,4
KM 40 – 45	197,0	15,0	13,1
KM 45 – 50	190,0	15,0	12,7
KM 50 – 55	190,0	15,0	12,7
KM 55 – 60	174,0	15,0	11,6
KM 60 - 66,1	147,0	17,0	8,6

Tabla 15. Evaluación relativa

EVALUACIÓN CON MATRIZ DE VALORACION

	PROBABILIDAD	IMPACTO	VALORACION MATRIZ RAM
KM 0 – 5	31,5	62,5	D2
KM 5 – 10	30,3	70,8	D2
KM 10 – 15	30,0	70,8	D2
KM 15 - 19,5	28,3	70,8	D2
KM 19,5 – 25	37,0	62,5	D2
KM 25 – 30	50,3	62,5	D3
KM 30 – 35	46,8	62,5	D3
KM 35 – 40	46,5	62,5	D3
KM 40 – 45	49,3	62,5	D3
KM 45 – 50	47,5	62,5	D3
KM 50 – 55	47,5	62,5	D3
KM 55 – 60	43,5	62,5	D3
KM 60 - 66,1	36,8	70,8	D2

Tabla 16. Evaluación con matriz de valoración

CLASIFICACION DE LA CRITICIDAD DE LOS SEGMENTOS DE
ACUERDO A LA PROBABILIDAD DE FALLA E IMPACTO

Impacto	E	0	0	0	0	0
	D	0	0	35 KM	0	0
	C	0	30 KM	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	A	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5
		Probabilidad				

Ilustración 4. Matriz de valoración del ducto

PLAN DE INTEGRIDAD					Nivel de Riesgo a Diciembre	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY	
Descripción Actividad						Plan	Ejec	Plan	Ejec	Plan	Ejec	Plan	Ejec	Plan	Ejec
CORROSION EXTERIOR															
1	Toma de Muestras y Analisis de Agresividad de suelos (tipo de suelo, PH, cloruros, bacterias)				1800	5	UN	Nivel de Riesgos L (Low)							
2	Estudio Resistividades				2130	6	KM								
3	Evaluación periódica de las unidades rectificadoras de Protección Catódica (URPC)				30		UN		2		2		2		2
4	Mantenimiento Preventivo URPC				360	1	UN								
5	Evaluación de potenciales de protección catodica poste a poste (potenciales instant On/Off)				360	1	KM								
6	CIS				1080	3	KM		20				20		66.1
7	Cambio o rehabilitación de Revestimiento														1
8	Revestimiento zonas interfase aereo-enterradas de tubería						UN			1					66.1
9	DCVG				1080	3	KM								
10	Inspección de aislamiento eléctricos, incluye plantas, estructuras aéreas y casetas de válvulas o bunkers.				360	1	UN								
11	Aislar eléctricamente Plantas						UN								
12	Aislar eléctricamente Estructuras Aéreas						UN								
13	Aislar eléctricamente casetas de válvulas o bunkers						UN								
CORROSION INTERIOR															
1	Instalación de facilidades para monitoreo y tratamiento químico						UN	Nivel de Riesgos L (Low)	2			2			
2	Monitoreo de Corrosión Interior en líneas.				90		UN								
3	Programa de Limpieza Interior de tuberías.				60		UN			2			2		
4	Toma de muestras líquidas y sólidas producto de la limpieza para análisis microbiológico y fisicoquímico.				120		UN								
CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS															
1	Diagnóstico Geotécnico Líneas.				730	2	KM	H (High)							
2	Diagnóstico de Cruces Subfluviales.				1460	4	UN								3
3	Diagnóstico de Cruces aéreos.				1460	4	UN								3
4	Ejecución de Obras para asegurar la estabilidad Geotecnica del derecho de vía y sus zonas aledañas						UN								
DAÑOS POR TERCEROS															
1	Señalización de línea						UN	Nivel de Riesgos L (Low)	5						5
2	Implementación de Protocolo de Derecho de Vía compartido						UN						1		
3	Reparaciones Producto de Daños Voluntarios						UN		2		2		2		2
4	Roceria derecho vía.				180		M2		200						
OPERACIONES INCORRECTAS															
1	Realización de HAZOP al Sistema						UN	Nivel de Riesgos L (Low)	1						
2	Señalizar e identificar las líneas en la entrada y salida de las plantas						UN							2	
EQUIPOS, CONSTRUCCION Y FABRICACIÓN															
1	Calificación procedimientos de soldadura						UN	Nivel de Riesgos L (Low)	1						
2	Mantenimiento Preventivo a Válvulas de Seccionamiento, Uniones Bridadas, Accesorios y Válvulas de Venteo.				360	1	UN				10				
3	Determinación del grado del material de la tubería						UN		66						
ACCIONES INTEGRIDAD															
1	Inspección Líneas con Vehículo Inteligente ILI (Preventivo Fq 1800 Días)				1800	5	KM	Nivel de Riesgos L (Low)			2		1		66.1
2	Atencion Anomalías ILI Programadas por perdida de metal						IL					1		1	
3	Atencion Anomalías ILI Programadas por deformacion de diametro						IL				1			1	
4	Inspeccion, Verificacion y Valoracion Anomalías ILI						IL		3			3			3
5	Inspeccion Visual Derecho Vía (Preventivo Fq 30 Días)				30		KM		66.1		66.1		66.1		66.1
MITIGACION Y CONSECUENCIAS															
1	Actualización Planes de Contingencia Líneas						%			10			20		
2	Implementación de Acciones Planes de Contingencia Líneas						UN								
3	Divulgación de Planes de Contingencia						UN								

Ilustración 5. Plan de integridad del ducto

CONCLUSIONES

Al finalizar el desarrollo del estudio de caso se puede concluir:

- Se deja claridad de las diferentes normas que complementan la filosofía de integridad para el aseguramiento del riesgo, entre ellas los códigos de construcción para las diferentes líneas y sus servicios; la normatividad y estructuración de los planes de integridad y las normas para el desarrollo de planes de inspección y gestión de riesgo para activos.
- Se mostró la configuración de la actividad de recorrido del derecho de vía y la información que esta actividad entrega, como insumo para el desarrollo del análisis de riesgo en diferentes puntos del recorrido de las tuberías; que puede ser utilizado por el personal que desarrolla los talleres de riesgo (RBI).
- Se compartió en este documento la experiencia obtenida en campo y se deja ver la importancia de la actividad en mención como insumo a los talleres de definición de riesgo, e incluso dejar la periodicidad de cambio de puntos de interés en el tiempo mediante registros que se conservan en los repositorios de información de las empresas operadoras.

BIBLIOGRAFIA

- API 1160 Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines
- ASME B 31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries
- ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems
- ASME B31.8S Managing System Integrity of Gas Pipelines
- Villareal Celis; Jaime. Inspección basada en riesgo. UPTC - Especialización en integridad y corrosión, 2018.